

I - B181 衝撃的地震動による鋼製橋脚の有限要素解析

パシフィックコンサルタンツ 正会員 松尾 礼子¹⁾
早稲田大学理工学部 正会員 依田 照彦²⁾
早稲田大学大学院 学生員 榊田 宗一郎³⁾

1. はじめに

1995年1月17日に兵庫県南部地震が発生して以来、構造物の破壊と衝撃的地震動の関係が論議を呼んでいる。ここでは特に鋼製橋脚の局部座屈に関し、入力速度の異なるいくつかの衝撃的な地震荷重を鋼製橋脚モデルに与えて有限要素解析を行い、それぞれの載荷速度における鋼板の応力状態や鋼製橋脚の局部座屈発生状況を検討することにより、実際の地震被害の発生原因を探る。

2. 対象とする鋼製橋脚

解析にあたっては、兵庫県南部地震における破壊機構の解明を目的とする見地から、実際の橋脚モデルを使用する。ここでは、兵庫県南部地震において大きな被害がみられた、阪神高速神戸3号線P-584S（図1）およびP-353（図2）のデータをもとに、解析を行う。これらの橋脚の実際の被害状況は、図-1に示す、P-584海側の円形断面橋脚では、柱の中間部付近（板厚変化点）で局部座屈による脆性破壊が生じ、橋脚全体が北側に大きく傾いている。またP-353の矩形断面橋脚（図-2）は、南側のウェブパネル全体が中詰めコンクリートの上で局部座屈しているが、全体として傾斜するほどには至っていない

3. 解析ケース

地震荷重としては、地盤からの突き上げを想定しフーチング部分に鉛直上方に速度を与える。入力速度は表1に示す5種類（円形断面橋脚3種類、矩形断面橋脚2種類）とする。なお、円形断面橋脚においては板厚変化部分におけるテーパの影響を考慮し、板厚中心を偏心させたモデルを用いる。

また、解析には汎用有限要素プログラムPAM_CRASHTMを使用する。

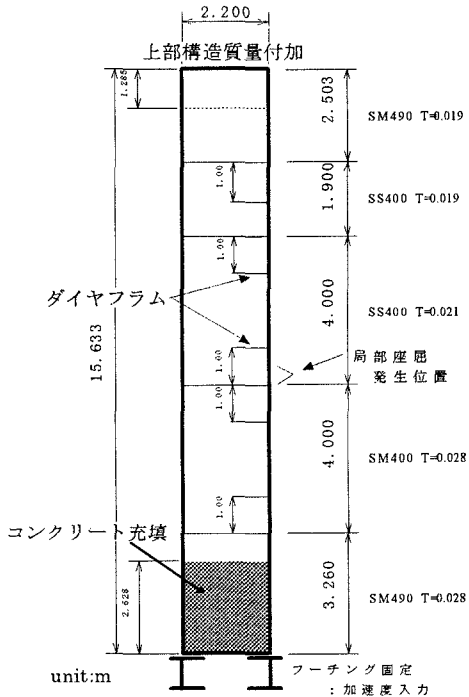


図1 円形断面橋脚（P-584S）

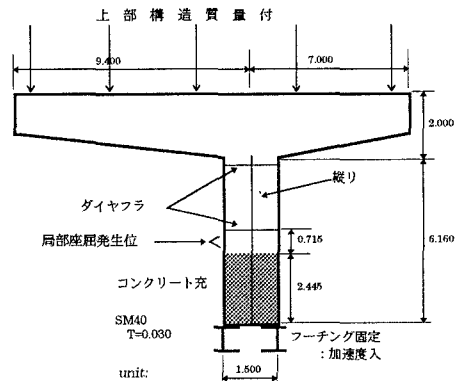


図2 矩形断面橋脚（P-353）

キーワード：鋼製橋脚、有限要素法、衝撃荷重、局部座屈

1) 〒163-07 新宿区西新宿 2-7-1 TEL03-3344-1303(代表) FAX03-3344-1365

2),3) 〒169 新宿区大久保 3-4-1 TEL03-5286-3399(直通) FAX03-3203-2567

4. 解析結果および考察

表1に最大応答加速度、局部座屈発生位置および時刻、ひずみ速度をまとめ、図3にケースCおよびEにおける変形図を示す。

解析結果から、それぞれひずみ速度はケースA，Dを除き、10/s～25/sと、かなりの高速であり、十分に衝撃問題の範疇にあるといえる。また P-584S の上部端点の最大加速度は 75m/s^2 程度であり、上部構造質量 482ton を考慮すると、約 3600tf の荷重が P-353 では最大加速度は 170m/s^2 程度であり、上部構造質量 476ton を考慮すると、約 8300tf の荷重がかかっていることになる。これらの値は橋脚に静的な局部座屈を生じさせるのに必要な鉛直荷重よりわずかに大きな値となっている。

また、衝突速度に関しては P-584S では鉛直真下からの入力速度を徐々に増やしていったところ、約 4m/s 以上の入力を与えた場合に局部座屈が発生した。なお、入力速度 3m/s のケースAにおいても、局部座屈らしき変形は生じるが、載荷後約 40msec の時点であることから、ここでいうところの観測機器に計測されない衝撃荷重に相当しないと考えられる。一方 P-353 においては約 3.0m/s の入力速度においても局部座屈が生じているが前述の通り、ひずみ速度はそれほど大きくない。これらのことから、衝撃的な入力によって局部座屈を生じるには、通常地震波形による鉛直方向速度と比べてかなり大きな入力速度（神戸海洋気象台観測波形最大鉛直速度の約 10 倍）が必要であることが分かる。

さらに、発生位置に関しては、どのケースにおいても実際の被害とは異なり、衝撃的な入力による局部座屈の発生は、慣性力の最も大きい橋脚上端の付加質量部分の直近の剛性変化点に起こっていることがわかる

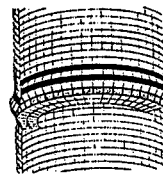
表1 解析ケースおよび解析結果

ケース	橋脚	断面	衝突速度	最大加速度	局部座屈発生場所	発生時刻	ひずみ速度
A	P-584S	円形	3.0m	74 m/s^2	上端ダイヤフラム上	40 msec	1.5 /s
B	P-584S	円形	4.0m	74 m/s^2	上端ダイヤフラム上	25 msec	10.5 /s
C	P-584S	円形	7.0m	75 m/s^2	上端ダイヤフラム上	20 msec	24.0 /s
D	P-353	矩形	3.0m	168 m/s^2	ダイヤフラム上80cm	15 msec	4.4 /s
E	P-353	矩形	7.0m	175 m/s^2	ダイヤフラム上50cm および真下	7 msec	22.0 /s

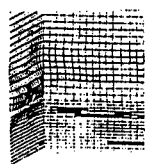
5. 結論

①衝撃的な地震動を検討した結果、円形および矩形断面を有する鋼製橋脚の局部座屈は通常の観測機器では計測されない衝撃的な地震動によっても発生しうる。

②しかしながら、実際の阪神淡路大震災における鋼製橋脚の被災状況と比較すると、局部座屈の発生位置や入力速度の大きさから判断して、今回の被災は、衝撃的な荷重によるものが主因ではなく、通常地震動によって生じたものである可能性が高い。



ケースC



ケースE

図3 局部座屈の発生

謝辞：本論文の作成にあたっては、土木学会構造工学委員会構造工学震災調査特別小委員会WG2および阪神高速道路公団による資料を参考にさせていただいた。また、有限要素プログラムの使用にあたって、東急建設（株）、日本イーエスアイ（株）に便宜を図っていただいた。ここに記して謝意を表します。

参考文献：1) 依田、松尾、樹田、石川、安藤：鋼製橋脚の衝撃的地震導入力による局部座屈発生機構の検証、兵庫県南部地震における構造物の衝撃的破壊に関するシンポジウム、1997.3

2) PAM-CRASH™/PAM-SAFE™ USER'S MANUAL：Pam System International, Ver.96, 1996.